

Adatok a foszfor és kálium feltöltő-fenntartó műtrágyázáshoz

CSATHÓ PÉTER és KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A korszerű PK-trágyázás egyik alapelve, hogy a talajban el kell érni egy optimális PK-tartalmat. A tápelemszegény talajokon a tervezett termések PK-tartalmát lényegesen meghaladó, "feltöltő" adagokat célszerű alkalmazni, míg a már feltöltött talajokon elegendő az optimális PK-szint fenntartása /SARKADI, 1979; KÁDÁR és LÁSZTITY, 1979/.

Kérdés, hogy mekkora a különböző tulajdonságú talajok optimális PK-tartalma, milyen módszerrel lehet ezt megítélni, függ-e a termesztett növénytől, ill. a vetésszerkezettől, mekkora PK-adagok szükségesek az optimális tápanyagszint eléréséhez és fenntartásához? Ezeket a kérdéseket mészlepedékes csernozjom talajon beállított kispárcellás szabadföldi tartamkísérletben 1974 óta tanulmányozzuk.

Előző közleményünkben a szemterméseredményeket, a talajvizsgálati eredményekkel való kapcsolatukat ismertettük, és bemutattuk a kísérleti körülményeket, a kísérlet felépítését /KÁDÁR et al., 1989/. A feltöltő és a fenntartó PK-műtrágyázás összefüggéseinek vizsgálatára beállított kispárcellás szabadföldi kísérletünk melléktermés adatait, a fő- és melléktermések tápelementtartalom és -felvétel eredményeit mutatjuk be jelen dolgozatban. Adatokat közlünk a tápanyagmérlegek és a P-, K-talajvizsgálati eredmények összefüggéséről, a P- és K-műtrágya előregedéséről is a talajban, valamint a PK-forgalom mutatóiról.

Anyag és módszer

Kísérletünket az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének Nagy-hörcsök-i Kísérleti Telepén, foszforral eredetileg gyengén, káliummal közepesen ellátott meszes csernozjom talajon állítottuk be 1973 őszén. A feltöltő és fenntartó PK-műtrágyázás összefüggéseit 1975-től kezdődően vizsgáltuk. A kísérleti növények az alábbiak voltak: 1975: őszi búza /Kavkáz/; 1976: kukorica /Mv. 380/, 1977: kukorica /Mv. 380/; 1978: burgonya /Desirée/, 1979: őszi árpa /Mv. 35/; 1980: zab /Leanda/.

A feltöltő P_2O_5 - és K_2O -trágyázás adagjai 0, 500, 1000 ill. 1500 kg/ha voltak 1973 őszén. Az így kialakított különböző P- és K-ellátottsági szinteken 1974 őszétől évi 200 kg N/ha trágyázás mellett vizsgáltuk a fenntartó 0, 50, 100 kg P_2O_5 /ha/év, illetve fenntartó 0, 100, 200 kg K_2O /ha/év

műtrágyázás hatékonyságát. A fenntartó műtrágyázásban nem részesült, csak feltöltő PK-t kapott kezeléseknél a feltöltő PK-műtrágyázás utóhatásáról nyílt lehetőségünk értékes információkat szerezni. A nitrogén felét és a P- ill. K-műtrágyákat ősszel a szántással forgattuk be, a nitrogén második felét tavasszal juttattuk ki. A műtrágyaformák 25-28 % pétisó, 18 %-os szemcsés szuperfoszfát és 60 %-os KCl voltak. Az agrotechnikai feltételeket a nagyüzemi növénytermesztésben használatos eszközökkel biztosítottuk. Valamennyi évben a mellékterméseket is betakarítottuk a parcellákról. A melléktermések mennyiségét a mintakévek melléktermés/főtermés arányában és a kombajnolt szemtermések segítségével állapítottuk meg. Ez alól kivétel az 1978. évi burgonya volt, ahol a szártermést a párhuzamos "alapkísérlet" adataiból becsültük /KÁDÁR és ELEK, 1980/.

A talajmintákat parcellánként kétfévente, betakarítás után 20-20 pont-minta egyesítésével vettük, növénymintákat 2x2 fm-ről a kalászosok, 20-20 növény/parcella mennyiségben a kukorica esetében. Az ammóniumlaktát-oldható talajkivonatot EGNÉR-RIEHM és DOMINGO /1960/ módszerével, P-tartalmát SARKADI és munkatársai /1966/ szerint határoztuk meg. A növényeket kén-savas-peroxidos nedves roncsolással tartuk fel a makro- és mezoelemek, sósavas hidrolízissel a mikroelemek meghatározása céljából /THAMMÉ, 1973; VARJÚ és ZSOLDOS, 1974/.

Az eredmények értékelése

A feltöltő és fenntartó PK-műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható PK-tartalmára

Az 1. táblázatban figyelemmel kísérhetjük a PK-műtrágyázás és az AL-PK-tartalom összefüggését a különböző feltöltő és fenntartó PK-adagok esetében.

Az 1973 őszén adott 500, 1000, 1500 kg P_2O_5 /ha feltöltő trágyázással az első év után 60 mg/kg-ról 180, 350, 510 mg/kg-ra növekedett a talaj AL- P_2O_5 -tartalma. Mint ismeretes, a vízzel oldható szuperfoszfát-P a talajjal érintkezve gyorsan, többé-kevésbé reverzibilis formában adszorbeálódik, majd az ún. lassú reakciók következtében egyre kevésbé oldható P-vegyületekké alakul át. Ez utóbbi folyamat több évig, ill. évtizedig is tarthat /BARROW, 1980/. Kísérletünkben az intenzív megkötődési szakasz a 3. évig tartott, ekkor 120, 190, 260 mg/kg volt az AL- P_2O_5 -tartalom a növekvő feltöltő P-szinteken. Ezután egészen a kísérlet 7. évéig egyensúlyi állapot volt a jellemző, nem csökkent tovább az AL-P-tartalom. Hasonló eredményt kaptunk korábbi P-utóhatás kísérletünkben is /KÁDÁR et al., 1984/.

Az évenkénti 50-100 kg P_2O_5 /ha fenntartó adagok kezdetben nem befolyásolták lényegesen a feltöltéssel létrehozott eltérő P-ellátottsági szinteket. A kísérlet 7. évére, 1980-ra viszont már átlagosan 30-60 mg/kg-mal magasabb AL- P_2O_5 -értékeket kaptunk a csak feltöltő P-műtrágyázásban részesült kezelésekhöz képest. Ez azt is jelentette, hogy a feltöltő P-parcellákon a folyamatos fenntartó P-műtrágyázással 1980-ra a "gyenge" ellátottságból a "közepes" ellátottság felső határáig értünk el.

A K-műtrágyázásnak a talaj AL-K-tartalmára gyakorolt hatását vizsgálva szembetűnő, hogy egységnyi K-műtrágyázással csak mintegy fele olyan mértékben növekedett az AL-K-tartalom, mint a foszfor esetében tapasztaltuk /130-ról 190, 290, 370 mg/kg-ra/. Kísérleteinkben végzett agyagásvány-vizsgálatok tanúsága szerint 23 % agyagtartalmú vályogtalajunk agyagásvány-tartalmában a táguló rácsú szmektit közepes mennyiségben szerepel, és közrejátszhat a káliumnak a rácsban való megkötődésében, illitesedésében /RÓZSAVÖLGYI et al., 1984; STEFANOVITS et al., 1985; FÜLEKY, 1987/. Más feltöltő PK-trágyázási kísérleteinkben is tapasztaltuk, hogy míg a foszfor esetében egy ellátottsági kategória emeléséhez mintegy 500, a káliumnál 1000 kg/ha talajban

1. táblázat

A feltöltő és fenntartó PK-műtrágyázás hatása a talaj AL-oldható P- és K-tartalmára /Meszes csernozjom, Nagyhörcsök, 1974-1980/

/1/ Év	/2/ Feltöltő P ₂ O ₅ ill. K ₂ O kg/ha 1973 őszén	/3/ Fenntartó P ₂ O ₅ kg/ha/év 1974 őszétől					/6/ Fenntartó K ₂ O kg/ha/év 1974 őszétől				
		0	50	100	/4/ Szd _{5%}	/5/ Átlag	0	100	200	/4/ Szd _{5%}	/5/ Átlag
<div><div>AL-P₂O₅, mg/kg</div><div>AL-K₂O, mg/kg</div></div>											
1974	0	59	58	51		56	128	128	125		127
	500	173	159	197	98	176	193	203	180	37	192
	1000	377	346	319		347	279	297	293		289
	1500	566	485	486		512	358	394	346		366
	a/ SzD _{5%}		98			44		37			16
	b/ Átlag	294	262	263	49	273	240	256	236	18	244
1976	0	67	80	83		77	138	152	188		152
	500	117	130	161	37	136	170	188	199	49	181
	1000	194	219	199		204	219	226	240		223
	1500	265	259	286		270	235	278	312		265
	a/ SzD _{5%}		74			18		49			22
	b/ Átlag	161	172	182	21	172	190	210	234	23	205
1978	0	63	73	83		73	127	144	172		139
	500	93	120	163	18	126	145	157	210	39	159
	1000	164	177	187		176	173	208	241		195
	1500	259	292	301		284	225	246	266		233
	a/ SzD _{5%}		25			9		37			17
	b/ Átlag	145	166	184	11	165	168	189	222	21	181
1980	0	102	125	150		126	167	191	239		186
	500	140	164	221	61	175	196	221	259	30	209
	1000	192	200	252		215	206	233	290		223
	1500	242	275	307		275	216	257	282		241
	a/ SzD _{5%}		62			27		30			13
	b/ Átlag	169	191	232	41	198	196	225	267	17	215

maradt hatóanyag-mennyiségre volt szükség /KÁDÁR és LÁSZTITY, 1979/.

A fenntartó 100-200 kg K₂O/ha/év adagok, hasonlóan a foszforhoz, 30-70 mg/kg-mal emelték az AL-K₂O-tartalmat 1980-ra a csak feltöltő K-műtrágyázásban részesült kezelésekhez képest. Ez nincs ellentmondásban az előbb elmondottakkal, mivel, míg a fenntartó P-adagok 50, ill. 100 kg/ha/év, a káliumé ennek kétszerese, 100 ill. 200 kg K₂O/ha/év volt. Ez azt is jelentette, hogy 1980-ra, a fenntartó PK-műtrágyázás 6. éve után, ellentétben a foszforral, az összesen 600-1200 kg/ha fenntartó K hatása az AL-K-tartalomra már erőteljesebb volt, mint a 7 évvel korábbi 500-1500 kg/ha feltöltő K-trágyázásé /1. táblázat/.

A feltöltő és fenntartó PK-műtrágyázás hatása a melléktermékek mennyiségére

Előző közleményünk tanúsága szerint a feltöltő P-műtrágyázás csak az 500 kg/ha adagig növelte szignifikánsan a főtermés mennyiségét az első hét évben. Ugyanakkor az évenkénti 50-100 kg P_2O_5 /ha fenntartó trágyázás csak a feltöltésben nem részesedett, P_0 -szinten eredményezett bizonyítható szem-, ill. gumótermés-növekedést ezen a foszforral eredetileg gyengén ellátott csernozjom talajon 1975 és 1980 között /KÁDÁR et al., 1989/.

Gyakorlatilag ugyanez mondható el a P-trágyázás és a melléktermékek mennyiségének kapcsolatáról /2. táblázat/. Ez alól csak az 1979. és 1980. évek őszi árpa, ill. zab melléktermései a kivételek, amikor a feltöltő 1500 kg/ha adaghoz képest az 500 és 1000 kg/ha kezelések a 6. és 7. éves utóhatások eredményeképpen már szignifikánsan kisebb szalmatermést adtak. A "közepes" és "jó" P-ellátottság határán e kalászos gabonák képesek voltak még szemterméscsökkenés nélkül, szalmatermésük mérséklésével kompenzálni a 6. és 7. éves utóhatás következtében csökkenő P-kínálatot. Az évenkénti fenntartó 50-100 kg P_2O_5 /ha is, mind a feltöltő 0, mind az 500 és 1000 kg/ha szinteken további bizonyítható szalmatermés-növekedést eredményezett ezen években úgy, hogy a szemtermést nem növelte szignifikánsan /KÁDÁR et al., 1989/ 2. táblázat/.

A feltöltő és fenntartó K-trágyázás és a melléktermés kapcsolata a P-trágyázásnál tapasztaltakhoz hasonlóan jellemezhető /2. táblázat/. A feltöltő 500 kg K_2O /ha szinthez képest az első 4-5 évben az 1000, ill. 1500 kg/ha adag nem adott további szalma-, ill. szártermés-növekedést. Ugyanígy a friss, fenntartó K-trágyázás sem fokozta a melléktermés mennyiségét az első 4 évben a K-feltöltésben részesedett kezelésekben. 1980-ban viszont, a gyengülő K-utóhatások következtében mind a nagyobb feltöltő adagok, mind a friss, fenntartó K-trágyázás tovább növelte a szalmatermést. Megjegyezzük, hogy hasonlóan a foszforhoz, 1979-ben és 1980-ban a fenntartó K-műtrágyázás még mindig nem adott szemtermés-növekedést a nem kifejezetten K-igényes őszi árpa és zab esetében, a csak feltöltő káliumot kapott kezelésekhez képest ezen eredetileg közepes K-ellátottságú meszes csernozjom talajon /KÁDÁR et al., 1989/ 2. táblázat/.

A növényi P-tartalom és -felvétel, valamint a P-trágyázás kapcsolata

Főtermésekben. - Betakarításkor mind a fő-, mind a melléktermékek PK-tartalmát meghatároztuk kísérletünkben. Ez alól csak az 1978. évi burgonya termése volt kivétel, így adatainkat ez év nélkül közöljük. Ez azt is jelenti, hogy a megmaradt években különböző kalászos gabonák, ill. kukorica szerepelt kísérletünkben, mely utóbbinak növényi összetétele, mint ismeretes, igen hasonló az előbbiekéhez /3. táblázat/.

A szem P %-ok 0,30 és 0,55 % között változtak az egyes növényekben. Egy-egy éven belül a P-kontrollhoz képest maximálisan 1,4-1,5-szörösére növekedett a feltöltő és fenntartó P-trágyázás hatására a szem P %-a. A maximális szemterméshez 0,40 körüli P %-ok kapcsolódtak, azon felül már luxusfelvétel történt, a szemtermés növekedése nélkül. A maximális szemterméshez kötődő legalacsonyabb P %-okat aláhúzással jelöltük meg táblázatunkban. Más hazai kísérletek tanúsága szerint a kielégítő P-ellátottság az évjárártól függően 0,30-0,40 % elemi P-tartalommal járt együtt kalászosok szemtermésében /LÁSZTITY, 1984, 1986; KÁDÁR és CSATHÓ, 1985; PEPÓ et al., 1986/.

A szemmel felvett P-mennyiség a nagyobb szemtermések következtében is, erőteljesebben növekedett a P-kontrollhoz képest, mint a P'%. Az öt vizsgált évben elemi foszforban kifejezve 8 és 48 kg/ha között volt a szemmel

2. táblázat

A feltöltő és fenntartó P-, ill. K-trágyázás hatása a melléktermékek mennyiségére /Nagyhőrcsök, 1975-1980
/N = 200 kg/ha/év, a feltöltő 0-1500 kg/ha K- és P-kezelések átlagában/

/1/ Feltöltő P ₂ O ₅ ill. K ₂ O kg/ha 1973 őszén	/2/ Fenntartó P ₂ O ₅ kg/ha/év 1974 őszétől					/5/ Fenntartó K ₂ O kg/ha/év 1974 őszétől				
	0	50	100	/3/ Szd _{5%}		0	100	200	/4/ Szd _{5%}	
				Átlag	Átlag				Átlag	Átlag
<u>A. 1974/1975, őszi búzaszalma /Kavkáz/, t/ha</u>										
0	5,76	5,43	5,75		5,65	5,80	5,94	6,37		6,04
500	7,23	6,94	6,77	0,69	6,98	6,39	6,29	6,31	0,59	6,33
1000	7,54	6,86	6,26		6,89	6,51	6,45	6,29		6,42
1500	7,55	6,83	6,76		7,05	6,45	6,46	6,41		6,44
a/ SzD _{5%}			0,69		0,40			0,59		0,30
b/ Átlag	7,02	6,51	6,39	0,34	6,64	6,29	6,28	6,35	0,30	6,31
<u>B. 1975/1976, kukoricaszár /Mv. 380/, t/ha</u>										
0	2,93	3,14	3,25		3,11	2,76	2,99	3,25		3,00
500	3,16	3,36	3,21	0,63	3,24	3,21	2,92	3,18	0,48	3,10
1000	3,26	3,27	3,26		3,26	3,17	2,77	2,78		2,91
1500	3,06	2,79	2,81		2,89	3,02	2,85	3,10		2,99
a/ SzD _{5%}			0,63		0,36			0,48		0,24
b/ Átlag	3,10	3,14	3,13	0,32	3,13	3,04	2,88	3,08	0,24	3,00
<u>C. 1976/1977, kukoricaszár /Mv. 380/, t/ha</u>										
0	5,54	7,08	6,91		6,51	5,99	6,55	6,59		6,38
500	6,11	7,14	6,46	0,44	6,57	6,45	6,81	6,89	0,38	6,71
1000	5,84	6,40	6,50		6,25	6,54	6,89	6,74		6,72
1500	6,31	6,17	5,86		6,12	6,71	6,91	7,04		6,89
a/ SzD _{5%}			0,44		0,25			0,38		0,19
b/ Átlag	5,95	6,69	6,44	0,22	6,36	6,42	6,79	6,81	0,19	6,68
<u>D. 1977/1978, burgonyaszár /Desiree/, t/ha</u>										
0	1,32	1,39	1,55		1,42	1,28	1,57	1,81		1,55
500	1,69	1,67	1,61	-	1,66	1,58	1,58	1,76	-	1,64
1000	1,32	1,66	1,60		1,53	1,61	1,58	1,60		1,59
1500	1,72	1,58	1,65		1,65	1,57	1,52	1,49		1,52
a/ SzD _{5%}			-		-			-		-
b/ Átlag	1,51	1,57	1,60	-	1,56	1,51	1,56	1,66	-	1,58
<u>E. 1978/1979, őszi árpaszalma /Mv. 35/, t/ha</u>										
0	2,68	3,35	3,60		3,21	3,56	4,28	4,44		4,10
500	2,96	3,85	4,00	0,61	3,60	3,88	4,08	4,20	0,56	4,06
1000	3,08	3,60	4,18		3,62	3,82	4,02	4,46		4,10
1500	3,89	3,91	4,19		3,99	3,80	3,91	4,69		4,14
a/ SzD _{5%}			0,61		0,35			0,56		0,28
b/ Átlag	3,15	3,68	3,99	0,31	3,61	3,77	4,07	4,45	0,28	4,10
<u>F. 1979/1980, zabszalma /Leanda/, t/ha</u>										
0	3,88	5,51	5,56		4,98	6,16	5,59	6,67		6,14
500	5,17	5,54	6,16	0,96	5,62	5,65	6,40	6,66	0,86	6,24
1000	5,64	6,17	7,04		6,28	6,28	6,47	7,29		6,68
1500	7,07	6,63	6,25		6,65	6,40	7,31	7,06		6,92
a/ SzD _{5%}			0,96		0,55			0,86		0,43
b/ Átlag	5,44	5,96	6,26	0,48	5,89	6,12	6,44	6,92	0,43	6,49

3. táblázat
A feltöltő és fenntartó P-trágyázás hatása a fő- és melléktermékek
P-tartalmára /Nagyhörcsök, 1975-1980/

Év, növény; Feltöltő P ₂ O ₅ , kg/ha 1973 őszén	/2/ Főtermés P %					/6/ Melléktermés P %				
	Fenntartó P ₂ O ₅ , kg/ha/év									
	0	50	100	/4/ SzD _{5%}	/5/ Átlag	0	50	100	/4/ SzD _{5%}	/5/ Átlag
<u>1974/1975.</u>										
a/ Őszi búza	A. Szem					B. Szalma				
0	0,31	0,35	0,33		0,33	0,06	0,07	0,06		0,06
500	0,40	0,43	0,40	0,06	0,41	0,08	0,08	0,09	0,02	0,08
1000	0,41	0,38	0,38		0,39	0,11	0,09	0,09		0,10
1500	0,40	0,38	0,45		0,41	0,10	0,09	0,09		0,09
b/ SzD _{5%}		0,06			0,04		0,02			0,01
c/ Átlag	0,38	0,39	0,39	0,03	0,39	0,09	0,08	0,08	0,01	0,08
<u>1975/1976.</u>										
d/ Kukorica	A. Szem					C. Szár				
0	0,32	0,33	0,42		0,36	0,08	0,10	0,09		0,09
500	0,41	0,45	0,34	0,14	0,40	0,14	0,22	0,24	0,05	0,20
1000	0,46	0,54	0,55		0,51	0,26	0,28	0,25		0,26
1500	0,44	0,46	0,51		0,47	0,32	0,39	0,34		0,35
b/ SzD _{5%}		0,14			0,08		0,05			0,03
c/ Átlag	0,41	0,44	0,45	0,07	0,43	0,20	0,25	0,23	0,02	0,23
<u>1976/1977.</u>										
d/ Kukorica	A. Szem					C. Szár				
0	0,37	0,36	0,49		0,40	0,05	0,06	0,10		0,07
500	0,48	0,47	0,49	0,09	0,48	0,09	0,18	0,22	0,07	0,16
1000	0,52	0,50	0,51		0,51	0,23	0,24	0,24		0,24
1500	0,56	0,52	0,53		0,54	0,25	0,31	0,35		0,30
b/ SzD _{5%}		0,09			0,05		0,07			0,04
c/ Átlag	0,48	0,46	0,50	0,04	0,48	0,15	0,20	0,23	0,04	0,19
<u>1978/1979.</u>										
e/ Őszi árpa	A. Szem					B. Szalma				
0	0,32	0,36	0,40		0,36	0,04	0,05	0,04		0,05
500	0,37	0,42	0,42	0,06	0,40	0,04	0,06	0,05	0,02	0,05
1000	0,41	0,41	0,44		0,42	0,04	0,05	0,06		0,05
1500	0,44	0,44	0,46		0,44	0,06	0,05	0,07		0,06
b/ SzD _{5%}		0,06			0,03		0,02			0,01
c/ Átlag	0,38	0,41	0,43	0,03	0,41	0,05	0,05	0,06	0,01	0,05
<u>1979/1980.</u>										
f/ Zab	A. Szem					B. Szalma				
0	0,29	0,33	0,38		0,33	0,05	0,03	0,05		0,04
500	0,30	0,40	0,37	0,04	0,36	0,04	0,05	0,06	0,02	0,05
1000	0,40	0,40	0,39		0,40	0,05	0,06	0,07		0,06
1500	0,44	0,41	0,41		0,42	0,07	0,09	0,11		0,09
b/ SzD _{5%}		0,04			0,03		0,02			0,01
c/ Átlag	0,36	0,39	0,39	0,02	0,38	0,05	0,06	0,07	0,01	0,06

felvett P-mennyiség /19-111 kg P_2O_5 /ha/. Az előbbi 1979-ben, a P-kontrollon 2,7 t/ha szemmel az őszi árpa, az utóbbit a legnagyobb feltöltő adagban részesülő kukorica vonta ki 9,3 t/ha szemterméssel 1977-ben. Az egyes években a P-kontrollhoz viszonyítva átlagosan 80 %-kal növekedett a szemmel felvett foszfor mennyisége a feltöltő és fenntartó P-trágyázás együttes hatására. A fenntartó-P már a 2. évtől tovább növelte a P-felvételt, változatlan szemtermések mellett. Ez alól az 1977. év volt kivétel, amikor a nagy feltöltő P-szinteken a fenntartó 50-100 kg/ha P-trágyázás 0,9-1,0 t/ha-ral csökkentette a kukorica szemtermését, feltehetően a P-Zn antagonizmus következtében. Ebben az évben a szemmel felvett foszfor mennyisége is csökkent a fenntartó P hatására.

Melléktermésekben. - A gabonák szalma P %-a 0,04 és 0,11 között, a kukoricaszár P % jóval nagyobb különbségeket mutatva, 0,05 és 0,39 % között váltakozott /3. táblázat/. Mint ismeretes, a gabonafélék szalmájának, ill. szárának mind a P %-a, mind a felvett foszfor mennyisége abszolút értékben jóval kisebb, mint a szemé, 15-20 %-át éri csak el. A P-kontrollhoz viszonyított relatív változások viszont a P-trágyázás hatására jóval nagyobbak voltak, mint a szemtermés esetében, a szalma P %-a 1,8-2,2-szeresére, a kukoricaszáré 4-5-szörösére /!/ növekedett. A maximális szemterméshez kötődő legkisebb szalma, ill. szár P %-ok 0,05 és 0,14 között változtak.

A szalmával, ill. kukoricaszárral legkevesebb 1,1-1,2 kg P/ha-t szintén az őszi árpa P-kontroll szalmájában, legtöbbit - 20 kg/ha-t - az 1977-es nagy termést adó kukorica legnagyobb feltöltő és fenntartó P-adagját kapott szártermésében találtuk /3-46 kg P_2O_5 /ha/. Az egyes években belül a kalászosok szalmájával a P-kontrollhoz képest a P-trágyázás hatására 2,4-3,8-szorosára növekedett a P-felvétel. A kukoricaszárnál 4-8-szorosának adódtak a különbségek. A melléktermések közül a kukorica jóval erőteljesebben volt hajlamos a szárbán a P-luxusfelvételre, mint a kalászosok szalmájukban. Mivel hazánkban a jelenlegi gazdálkodási viszonyok között a kukoricaszár legnagyobbbrészt a táblán marad, szerves kötésbe került P-tartalma előbb-utóbb részben újra hasznosulhat. Talajaink P-ellátottságát ugyanakkor csak addig célszerű javítani, amíg azt termés- /ill. minőség/ növekedéssel hálálják meg. Meszes talajon többéves eredményeink szerint P-túltrágyázásra éppen a kukorica reagált rendszeres, jelentős, többször 1-2 t/ha-os szemterméscsökkenéssel, az indukált P-Zn-hiány következtében /CSATHÓ et al., 1989/. GYÖRI és MÁTZ /1979/ úgy találták, hogy a kukoricaszem aminosav-összetétele is kedvezőtlenül módosult a túl magas P-ellátottságú területeken, a csökkenő triptofántartalom következtében.

A növényi K-tartalom és -felvétel, valamint a K-trágyázás kapcsolata

Főtermésekben. - A kalászosok szemtermésében a K % csak minimálisan, 1,04-1,08-szorosára nőtt az extrém nagy feltöltő 1000-1500 kg K_2O /ha és az évi fenntartó 100-200 kg K_2O /ha trágyázás hatására ezen az eredetileg közepes K-ellátottságú csernozjomon /4. táblázat/. A nem K-igényes kalászosok szemtermésükben nem, vagy csak minimális, 0,3-0,6 t/ha-os K-hatást mutattak kísérletünkben. Ugyanezen talajon, másik tartamkísérletben SARKADI és munkatársai /1985/ csak a 3. ciklusban, 8-12 év után tapasztaltak 0,5 t/ha-t meghaladó K-hatásokat őszi búzában.

A kukoricaszem K %-a is csak kismértékben, 1,08-szorosára változott a K-trágyázás hatására, sem a kalászosok, sem a kukorica szemtermése nem volt hajlamos a K-luxusfelvételre. A maximális termést biztosító legkisebb K-kezelésekhez 0,45-0,54 % K- /0,54-0,65 % K_2O -/ tartalmak kapcsolódtak. Ez alól a zab volt kivétel, ahol 0,38 % K- /0,46 % K_2O -/ tartalomnál kaptuk

4. táblázat

A feltöltő és fenntartó K-trágyázás hatása a fő- és melléktermékek K-tartalmára /Nagyhörcsök, 1975-1980/

/1/ év, növény; Fenntartó K ₂ O kg/ha 1973 őszén	/2/ Főtermés K %					/6/ Melléktermés K %				
	/3/ Fenntartó K ₂ O, kg/ha/év									
	0	100	200	/4/ SzD _{5%}	/5/ Átlag	0	100	200	/4/ SzD _{5%}	/5/ Átlag
<u>1974/1975.</u>										
a/ Őszi búza	A. Szem					B. Szalma				
0	0,48	0,46	0,44		0,46	0,48	0,58	0,62		0,56
500	0,41	0,43	0,46	0,06	0,43	0,62	0,61	0,72	0,14	0,65
1000	0,42	0,39	0,47		0,43	0,72	0,75	0,77		0,75
1500	0,45	0,42	0,44		0,44	0,69	0,90	0,69		0,76
b/ SzD _{5%}		0,06			0,03		0,14			0,07
c/ Átlag	0,44	0,43	0,45	0,03	0,44	0,63	0,71	0,70	0,07	0,68
<u>1975/1976.</u>										
d/ Kukorica	A. Szem					C. Szár				
0	0,48	0,50	0,45		0,48	0,60	0,87	0,95		0,80
500	0,48	0,43	0,51	0,11	0,47	0,89	1,15	1,12	0,23	1,05
1000	0,47	0,46	0,52		0,48	1,11	1,37	1,46		1,31
1500	0,49	0,41	0,49		0,46	1,29	1,43	1,75		1,49
b/ SzD _{5%}		0,11			0,06		0,23			0,12
c/ Átlag	0,48	0,45	0,49	0,06	0,47	0,97	1,21	1,32	0,12	1,16
<u>1976/1977.</u>										
d/ Kukorica	A. Szem					C. Szár				
0	0,49	0,43	0,52		0,48	0,50	0,59	0,76		0,62
500	0,49	0,53	0,51	0,08	0,51	0,64	0,83	0,91	0,17	0,79
1000	0,51	0,51	0,51		0,51	0,87	1,00	1,19		1,02
1500	0,49	0,44	0,44		0,45	0,98	1,02	1,19		1,06
b/ SzD _{5%}		0,08			0,04		0,17			0,08
c/ Átlag	0,49	0,48	0,49	0,04	0,49	0,75	0,86	1,01	0,08	0,87
<u>1978/1979.</u>										
e/ Őszi árpa	A. Szem					B. Szalma				
0	0,55	0,54	0,54		0,54	0,69	1,24	1,32		1,08
500	0,55	0,52	0,54	0,06	0,54	0,84	1,27	1,59	0,21	1,23
1000	0,57	0,53	0,55		0,55	1,20	1,50	1,66		1,45
1500	0,54	0,54	0,53		0,54	1,43	1,47	1,61		1,50
b/ SzD _{5%}		0,06			0,03		0,21			0,11
c/ Átlag	0,55	0,53	0,54	0,03	0,54	1,04	1,37	1,54	0,11	1,32
<u>1979/1980.</u>										
f/ Zab	A. Szem					B. Szalma				
0	0,38	0,38	0,40		0,39	1,64	2,29	2,86		2,26
500	0,40	0,38	0,39	0,03	0,39	2,02	2,51	2,89	0,26	2,47
1000	0,41	0,38	0,41		0,40	2,37	2,83	3,00		2,73
1500	0,38	0,39	0,38		0,38	2,66	2,94	3,17		2,92
b/ SzD _{5%}		0,03			0,02		0,26			0,13
c/ Átlag	0,39	0,38	0,39	0,02	0,39	2,17	2,64	2,98	0,13	2,60

a maximális termést. A szemmel felvett K-mennyiség 20 és 45 kg/ha között /24 és 53 kg K_2O /ha/ váltakozott az első hat évben.

Melléktermésekben. - Közismert, hogy a kalászosok szalmája, ill. a kukorica szártermése - szemben a foszforral - nagyobb koncentrációban tartalmazza a káliumot, mint szemtermésük /4. táblázat/. Az igen magas feltöltő K- és az évenkénti 100-200 kg/ha K_2O -trágyázás hatására - ellentétben a szemterméssnél tapasztaltakkal - erőteljesen megnövekedett a melléktermések K %-a kísérletünkben. Hasonló eredményekről számolnak be más talajon IASZTITY és munkatársai /1985/ is kukorica jelzőnövényvel. A kalászosok szalmájában 1,9-2,4-szeresére, a kukoricaszárban 2,4-2,9-szeresére nőtt a K-koncentráció, erőteljesebb luxusfelvételt eredményezve. Feltűnő a zabszalma magas, 2,8-3,2 %-os K-tartalma a nagy K-adagoknál.

A melléktermésekkel felvett kálium mennyisége 17 és 226 kg K/ha /!/ /20-271 kg K_2O /ha/ között váltakozott. Az előbbi a száraz nyarú, alacsony termést produkáló 1976. évben kukoricával a K-kontroll parcellán, utóbbi az 1980., igen jó gabona-évben, a nagy K-koncentrációt mutató zabszalmával került felvételre. Az egyes években a kalászosoknál 2,1-3,1-szeresére, a kukoricánál 2,8-3,3-szorosára növekedett a mellékterméssel felvett kálium mennyisége a K-kontrollhoz képest.

A P- és K-forgalom mutatói kísérletünkben

A PK-forgalom jellemzőit 1973 és 1980 között az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk.

P-forgalom. - A hét év alatt 0 és 2100 kg P_2O_5 /ha közötti mennyiségeket juttattunk ki a feltöltő és fenntartó P-trágyázás összegében. Az 1973. év őszi feltöltő 0, 500, 1500 kg P_2O_5 /ha kezelésekhez 1974 ősztől a fenntartó trágyázás hat éve alatt plusz 300-600 kg P_2O_5 /ha járult hozzá.

Az összes felvett P_2O_5 mennyisége 296 és 522 kg/ha között változott, ami átlagosan évi 42, ill. 75 kg/ha felvett P_2O_5 -mennyiségeket takar. A P-kontrollhoz képest a 7 év alatt mintegy 230 kg/ha plusz P_2O_5 -felvételt kaptunk a legnagyobb feltöltő és fenntartó P-kezelésben, részben a nagyobb termések, részben a magasabb növényi P %-ok következtében. A műtrágyákkal adott és a termésekkel felvett P_2O_5 különbsége, a P_2O_5 -mérleg 1980. évi egyenlege -300 és +1290 kg/ha között váltakozott 1980-ban, a kísérlet nagy részén pozitív volt ezen foszforral eredetileg gyengén ellátott talajon.

A P-kontrollhoz viszonyított P_2O_5 -mérleg egyenleg különbségek a műtrágya-P talajban maradt, növényvel ez ideig fel nem vett részét jelzik. A fenntartó trágyázással adott 300 kg P_2O_5 /ha-ból 250 kg/ha, a legnagyobb feltöltő-fenntartó P-kezeléssel kijuttatott 2100 kg/ha-ból mintegy 1600 kg még a talajban volt 1980 őszen, növelve annak könnyen oldható P-tartalmát.

A különbség-módszerrel mért P-hasznosulás azt mutatja, hogy az adott kezelésben a föld feletti terméssel a P-kontrollhoz viszonyított plusz P-felvétel a műtrágyával kijuttatott foszfor hány százalékát adta. Hét év alatt a P-műtrágya 11-26 %-a érvényesült e módszerrel, legnagyobb mértékben az 500 kg/ha, csak feltöltő P-trágyázásban részesült kezelésben. A túl alacsony és a magas dózisok alkalmazása egyaránt csökkentette a P-hasznosulást.

Az 1974-1980. évek átlagában, GE-ben kifejeztük a főterméseket is. Mint ismeretes, a növényi sorrend őszi búza - őszi búza - kukorica - kukorica - burgonya - őszi árpa - zab volt az első hét évben. A gabonaegységre való átszámításkor burgonyagumonál 0,3-as, a zabszemnél 0,8-as szorzót alkalmaztunk HAJAS és RÁZSÓ /1969/ szerint. A többi főtermésnél a szorzó 1,0 volt. A hét év átlagában legmagasabb termést a feltöltő 500 kg P_2O_5 /ha ke-

5. táblázat

A P- és K-forgalom alakulása feltöltő és fenntartó PK-trágyázási kísérletünkben /Nagyhörcsök, 1973-1980/

/1/ Feltöltő P ₂ O ₅ ill. K ₂ O, kg/ha 1973 őszén	/2/ Fenntartó P ₂ O ₅ , kg/ha/év 1974 őszétől				/4/ Fenntartó K ₂ O, kg/ha/év 1974 őszétől			
	0	50	100	/3/ Átlag	0	100	200	/3/ Átlag
<hr/>								
A. Összes adott P ₂ O ₅ , kg/ha					B. Összes adott K ₂ O, kg/ha			
0	0	300	600	300	0	600	1200	600
500	500	800	1100	800	500	1100	1700	1100
1000	1000	1300	1600	1300	1000	1600	2200	1600
1500	1500	1800	2100	1800	1500	2100	2700	2100
C. Összes felvett P ₂ O ₅ , kg/ha					D. Összes felvett K ₂ O, kg/ha			
0	296	343	405	348	547	688	847	694
500	428	477	465	457	641	776	905	774
1000	489	486	503	493	786	896	1013	899
1500	519	494	522	512	852	963	1032	949
E. P ₂ O ₅ -egyenleg 1980 őszén, kg/ha					F. K ₂ O-egyenleg 1980 őszén, kg/ha			
0	-296	-43	+195	-48	-547	-88	+353	-94
500	+72	+323	+635	+343	-141	+324	+795	+326
1000	+511	+814	+1097	+807	+214	+704	+1187	+701
1500	+981	+1306	+1578	+1288	+648	+1137	+1668	+1151
G. Különbség a kontrollhoz képest, kg P ₂ O ₅ /ha					H. Különbség a kontrollhoz képest, kg K ₂ O/ha			
0	-	253	491	248	-	459	900	453
500	368	619	931	639	406	871	1342	751
1000	807	1110	1393	1103	761	1251	1734	1249
1500	1277	1602	1874	1584	1195	1684	2215	1698
I. P-hasznosulás különbség- módszerrel, %					J. K-hasznosulás különbség- módszerrel, %			
0	-	15,7	18,2	17,0	-	23,5	25,0	24,2
500	26,4	22,6	15,4	21,5	18,8	20,8	21,1	20,2
1000	19,3	14,6	12,9	15,6	23,9	21,8	21,2	22,3
1500	14,9	11,0	10,8	12,2	20,3	19,8	18,0	19,4
<hr/>								
K. Főtermések átlaga, GE t/ha 1973-1980.								
0	5,25	5,77	5,92	5,65	5,31	5,70	5,93	5,65
500	6,22	6,22	6,11	6,18	5,87	5,89	6,09	5,95
1000	5,99	5,94	6,04	5,99	6,02	6,09	6,07	6,06
1500	5,96	5,74	5,81	5,84	6,06	6,11	6,04	6,07

*

(Növényvel felvett P ill. K a trágyázotton, kg/ha) - (Növényvel felvett P ill. K a 0-on, kg/ha) . 100
(M trágyával adott P ill. K, kg/ha)

zelésben kaptunk. Sem a nagyobb feltöltő adag, sem az évenkénti fenntartó 50-100 kg P_2O_5 /ha nem növelték tovább a termést az első hét év átlagában. A kielégítő P-ellátottság a növénytől függően 100-150 mg AL- P_2O_5 /kg tartalmakhoz kötődött mészeledékes csernozjom, 5 % $CaCO_3$ -ot tartalmazó talajunkon.

K-forgalom. - Az 5. táblázat másik felében találhatjuk a K-forgalom jellemzőit. A feltöltő és fenntartó trágyázással adott kálium együttes mennyisége 0 és 2700 kg K_2O /ha között váltakozott 1973 és 1980 között. A feltöltő K_2O -adagok azonosak voltak a feltöltő P_2O_5 -dózisokkal, a fenntartó K_2O viszont kétszerese, 600-1200 kg/ha a hat fenntartó-év alatt.

Az összes felvett K_2O -mennyiség gyakorlatilag kétszerese volt a P_2O_5 -énak, 550-1100 kg/ha közötti. A K_2O -mérleg egyenleg is nagyobb, -550 és +1670 közötti tartományt ölel fel, a kezelések nagy részénél szintén pozitív egyenleget mutatva. A K-kontrollhoz viszonyított K-mérleg többlete, azaz a műtrágyával adott kálium talajban maradt része a 600 kg/ha-os fenntartó adagnál 460 kg, a feltöltő + fenntartó = 2700 kg K_2O /ha szinten mintegy 2200 kg volt.

A kálium hasznosulása nem függött olyan nagy mértékben az adagtól, mint a foszforé, 18 és 25 % között váltakozott, és az egész kísérlet átlagában nagyobb /21,5 %/ volt, mint a foszforé /16,6 %/.

A GE-ben kifejezett főtermésátlagok legnagyobb növekedést a feltöltő 500 kg/ha, vagy a csak fenntartó 200 kg/ha/év adagokig mutattak. A kielégítő K-ellátottság növénytől függően 150-200 mg AL- K_2O /ha tartalmakhoz kötődik, e fölött K-hatásokat már nem tapasztaltunk.

A PK-mérleg és az AL-PK-tartalmak kapcsolata

Az egységnyi, 10 mg/kg AL- P_2O_5 -, ill. AL- K_2O -tartalom növeléséhez szükséges P- ill. K-műtrágya mennyisége a talajtulajdonságoktól, a PK-trágyázás korától és adagjától függően igen eltérő lehet /LÁNG, 1979; KÁDÁR és IÁSZTITY, 1979; PEKÁRY és HOLLO, 1979; BALLÁNÉ, 1980; KÁDÁR és CSATHÓ, 1985/. A P- és K-mérleg, ill. az AL-PK-tartalom kapcsolatát két évente külön vizsgáltuk a csak feltöltő P-, ill. K-trágyázásban részesült parcellákon, és külön a fenntartó, friss PK-t is kapott kezelésekben. Így módon lehetőségünk nyílt a 10 mg/kg AL- P_2O_5 -, ill. AL- K_2O -tartalom növeléséhez szükséges fajlagos műtrágyaigény változásának nyomon követésére is az idő múlásával /6. táblázat/.

Az első év után a talajba juttatott foszfor teljes mennyiségét, a kálium mintegy felét tudtuk kimutatni AL-oldható formában, 10 mg/kg AL- P_2O_5 -, ill. AL- K_2O -tartalom növeléséhez mintegy 30 kg P_2O_5 /ha, ill. 50 kg K_2O /ha, növény által fel nem vett, talajban maradt műtrágyára volt szükség. A harmadik évben, a foszfor és kálium fixációja, kevésbé oldható vegyületekké való átalakulása, ill. a kálium esetében részben feltehetően az agyagásványok rácsaiba való beépülés következtében, erőteljesen, mintegy 70 ill. 140 kg/ha-ra megnövekedett a fajlagos P_2O_5 -, ill. K_2O -igény. Az 5. évben a viszonylagos egyensúlyi állapot következtében nem változtak ezek a paraméterek, de a kísérlet 7. évére, 1980-ra már 90, ill. 230 kg/ha-ra növekedett az egységnyi AL-PK-tartalom növeléséhez szükséges műtrágya mennyisége a csak feltöltő PK-trágyázásban részesült, PK-utóhatás kísérletként felfogható kezelésekben.

Amennyiben az 50-100 kg P_2O_5 /ha/év, ill. 100-200 kg K_2O /ha/év fenntartó műtrágyázásban is részesült parcellákon vizsgáljuk ezeket a paramétereket, az előzőektől részben eltérő eredményeket kapunk /6. táblázat/. Kezdetben e kezelésekben is növekszik a fajlagos műtrágyaigény, a nagy feltöltő adagok megkötődését az ehhez viszonyítva alacsony szintű fenntartó PK-

6. táblázat
A tápanyagmérleg-egyenlegek és az AL-oldható tápanyagtartalmak
összefüggését leíró lineáris egyenletek $y = a + bx$ paraméterei
/Nagyhörcsök, 1974-1980/

/1/ Fenntartó P_2O_5 ill. K_2O kg/ha/év	/2/ Év	a	$100 \cdot b^*$	$100 \cdot b$ %-ban	$\frac{1}{0,1 \cdot b}^{**}$	r
--	-----------	---	-----------------	------------------------	------------------------------	---

A. A P-mérleg egyenleg és az AL-P-tartalom összefüggése

$y = AL-P_2O_5$, mg/kg; x = mérleg szerint talajban maradt
műtrágya- P_2O_5 , kg/ha

0	1974	52	34,9	100	29	0,916 ^{xxx}
0	1976	81	14,1	40	71	0,941 ^{xxx}
a/ 50-100 átlag		77	15,2	44	66	0,916 ^{xxx}
0	1978	85	14,9	43	67	0,966 ^{xxx}
a/ 50-100 átlag		75	15,4	44	65	0,962 ^{xxx}
0	1980	136	11,2	32	89	0,893 ^{xxx}
a/ 50-100 átlag		126	12,5	36	80	0,919 ^{xxx}

B. A K-mérleg egyenleg és az AL-K-tartalom összefüggése

$y = AL-K_2O$, mg/kg; x = mérleg szerint talajban maradt
műtrágya- K_2O , kg/ha

0	1974	126	19,7	100	51	0,939 ^{xxx}
0	1976	157	7,3	37	137	0,811 ^{xxx}
b/ 100-200 átlag		152	8,7	44	115	0,822 ^{xxx}
0	1978	145	7,1	36	141	0,842 ^{xxx}
b/ 100-200 átlag		144	7,5	38	133	0,828 ^{xxx}
0	1980	192	4,3	22	232	0,679 ^{xxx}
b/ 100-200 átlag		206	5,3	27	189	0,752 ^{xxx}

* 100 kg/ha talajban maradt műtrágya- P_2O_5 , ill. $-K_2O$ hatására jelentkező
AL- P_2O_5 , ill. $-K_2O$ mg/kg növekedés a talajban;
** az AL- P_2O_5 , ill. $-K_2O$ -tartalom 10 mg/kg-mal való növeléséhez szükséges
talajban maradt műtrágyamennyiség, kg P_2O_5 , ill. K_2O /ha /feltöltés faj-
lagos műtrágyaigénye/.

műtrágyázás nem tudta ellensúlyozni, ám az idő múlásával egyre nagyobb rész-
arányú lesz a viszonylag frissebben kijuttatott tápanyag mennyisége.

Ezzel is magyarázható, hogy 1980-ban az utóhatás-kísérletben 90, ill.
230, a fenntartó trágyázást is kapott kezelésekben 80, ill. 190 kg/ha
 P_2O_5 ill. K_2O a 10 mg/kg növeléshez szükséges fajlagos műtrágyaszükséglet.

Összefoglalás

3 % humuszt, 5 % CaCO_3 -ot tartalmazó, foszforral eredetileg gyengén, káliummal közepesen ellátott mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon vizsgáltuk a 0-500-1000-1500 kg/ha feltöltő P_2O_5 - ill. K_2O -trágyázással létrehozott eltérő PK-ellátottságú szinteken a fenntartó 0-50-100 kg P_2O_5 /ha/év, ill. fenntartó 0-100-200 kg K_2O /ha/év trágyázás hatékonyságát. Jelen dolgozatban vizsgálatunk az AL-oldható PK-tartalom változására, a melléktermékek mennyiségére, a fő- és melléktermékek PK-tartalmára és -felvételére, valamint a P- és K-forgalom jellemzőire terjedt ki. Az első hét évben őszi búza-őszi búza - kukorica - kukorica - burgonya - őszi árpa - zab szerepelt kísérletünkben.

Főbb eredményeink a következőkben foglalhatók össze:

A nagyadagú PK-műtrágyázás utáni első évben a szuperfoszfát-P teljes mennyiségét, a KCl-K mintegy felét tudtuk kimutatni AL-oldható formában. Ezt követően a 3. évig erőteljes csökkenés, majd a 7. évig egyensúly jellemezte az AL-PK-tartalmakat.

A melléktermékek mennyisége a főterméshez hasonlóan alakult, kivéve az utolsó két évet /őszi árpa és zab/, ahol a magasabb feltöltő és fenntartó szinteken a nagyobb szalmatermékek nem jártak együtt a szemtermékek megbízható termés-növekedésével.

P-műtrágyázás hatására a szem P %-ok 1,4-1,5-szörösére, a szalma, ill. szár P %-ok 2,0-5,0-szörösére // növekedtek. Ugyanakkor a főtermékek K %-a csupán 1,05-szörösére, a melléktermékeké 2,0-3,0-szorosára emelkedett a feltöltő és fenntartó K-trágyázás együttes hatására. A felvett foszfor és kálium mennyisége még az előbbieket is meghaladó módon tovább növekedett, akkor is, amikor a fő-, ill. melléktermékek mennyiségét már nem fokozta a PK-trágyázás. A kukoricaszár hajlamosabb volt a luxusfelvételre, mint a gabonafélék szalmája.

A hét év alatt adott feltöltő, ill. fenntartó P-műtrágya 11-26 %-a, a kálium 18-25 %-a hasznosult a különbség-módszer szerint.

Az egyensúlyi állapot beállta után 80-90 kg/ha talajban maradt P_2O_5 , ill. 200-220 kg/ha K_2O -műtrágya volt szükséges az AL- P_2O_5 -, ill. AL- K_2O -tartalom egységnyi, 10 mg/kg-os növeléséhez.

Az AL- P_2O_5 -tartalom 150 mg/kg, az AL- K_2O -tartalom 200 mg/kg fölé emelése már nem eredményezett terméstmennyiséget meszes csernozjom talajunkon, sőt, a kukorica termése 1,5-2,0 t/ha-ral /6000-8000 Ft/ha/ csökkent a P-túltrágyázás hatására.

Irodalom

- BALLA A-NÉ, 1980. Istállótrágyázási és műtrágyázási kísérletek Martonvásáron 1958-1978-ban. Növénytermelés. 29. 347-356.
- BARROW, N. J., 1980. Evaluation and utilization of residual phosphorus in soil. In: The role of phosphorus in agriculture. 334-359. ASA-CSSA-SSSA Madison, Wisc.
- EGNER, H., RIEHM, H. und DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Landw. Hörsch. Ann. 26. 199.
- FÜLEKY, Gy., 1987. Potassium supply in typical soils of Hungary. Bull. of the Univ. of Agric. Sci. Gödöllő. 1. 113-119.
- GYÖRI, D. and MÁTYÁS, G., 1979. Changes in zinc and triptophane contents of maize grains as a response to increasing rates of phosphorus fertilization. Acta Agron. 28. 158-167.
- HAJAS J. és RÁZSÓ I., 1969. Mezőgazdaság számokban. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.

- KÁDÁR I. és CSATHÓ P., 1985. A szuperfoszfát tartamhatásának vizsgálata őszibúza-monokulturában. II. Fajlagos hatékonyság, tápelemtartalom és -felvétel, a P-előregedés vizsgálata, fenológiai megfigyelések. Agro-kémia és Talajtan. 34. 97-129.
- KÁDÁR I., CSATHÓ P. és SARKADI J., 1989. A talaj PK-ellátottsága és a PK-trágyázás hatékonysága közötti összefüggés meszes csernozjom talajon. Agro-kémia és Talajtan. 38. 78-82.
- KÁDÁR I. és ELEK É., 1980. A burgonya tápláltsági állapotának kontrollja levélanalízissel. Növénytermelés. 29. 413-420.
- KÁDÁR I. és LÁSZTITY B., 1979. A feltöltő foszfor és káliumműtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agro-kémia és Talajtan. 28. 123-142.
- LÁNG G., 1979. Ammóniumlaktát-oldható foszfát-mennyiség változása rendszeres műtrágyázás hatására különböző talajokon. Agro-kémia és Talajtan. 28. 417-430.
- LÁSZTITY B., 1984. The effect of potassium fertilization on the nutrient uptake of winter barley /Mv 35/ on a calcareous sandy soil. Acta Agron. 33. 323-335.
- LÁSZTITY B., 1986. A műtrágyázás hatása az őszi rozs makroelem koncentrációjának változására a tenyészidő folyamán /N, P, K, Ca, Mg/. Növénytermelés. 35. 525-534.
- LÁSZTITY B. et al., 1985. Műtrágyázás hatása a kukorica fejlődésére és tápanyagforgalmára. I. Szárazanyag-felhalmozás, tápanyagtartalom és tápelemarányok. Agro-kémia és Talajtan. 34. 137-160.
- PEKÁRY K. és HOLLÓ S., 1979. A feltöltő PK-trágyázás hatása a talajra és a termésre csernozjom barna erdőtalajon. Növénytermelés. 28. 163-174.
- PEPÓ P., GYÖRI Z. és PEPÓ P., 1986. Agrotechnikai tényezők és az évjárat hatása az őszi búza fajták szemtermésének kémiai összetételére. Növénytermelés. 35. 17-24.
- RÓZSAVÖLGYI, J., KÁDÁR, I. and SARKADI, J., 1984. Influence of long-term fertilization on the quality and quantity of clay minerals in soils. In: Fight against hunger through improved plant nutrition. /Eds.: WELTE, E. and SZABOLCS, I./ Proc. 9th World Fertilizer Congress, Budapest. 3. 346-350. Goltze-Druck, Goettingen.
- SARKADI J., 1979. Az intenzív tápanyagellátottság hatása a talaj termékenységére. In: Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységére. 5-36. MTA TAKI Ankét, 1979. okt. 29. Budapest.
- SARKADI J., BALLA A-NÉ és MIKLAYNÉ TUDÓS E., 1985. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei egy mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. II. K-hatások az őszibúza-kísérletekben. Agro-kémia és Talajtan. 34. 130-136.
- SARKADI, J., KRÁMER, M. und THAMM, B., 1966. Bestimmung des Phosphatgehaltes in Kalziumlaktat- und Ammoniumlaktat-Extrakten von Böden. Albrecht-Thaer-Arch. 10. 991.
- STEFANOVITS P., KÁLMÁN A. és KÓNYA K., 1985. Hazai talajok K-szolgáltató és K-kötő ásványainak aránya. Agro-kémia és Talajtan. 34. 331-342.
- THAMM F-NÉ, 1973. Néhány módosítás a növényi anyagok nedves roncsolásában. Agro-kémia és Talajtan. 22. 345-350.
- VARJÚ M. és ZSOLDOS L., 1974. Növényi anyag előkészítése elemzésre zárt térben történő hidrolízissel. Agro-kémia és Talajtan. 23. 149-156.

Érkezett: 1989. augusztus 13.

Buildup and Maintenance Fertilization with Phosphorus and Potassium

P. CSATHÓ and I. KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the
Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The effectiveness of maintenance fertilization with 0-50-100 kg P_2O_5 /ha/year and with 0-100-200 kg K_2O /ha/year, resp., was investigated on plots with different P- and K supply as a consequence of an earlier buildup fertilization with large /0-500-1000-1500 kg/ha/ P_2O_5 and K_2O doses, resp. The field experiment was set up on a calcareous chernozem soil containing 3% humus and 5% $CaCO_3$. The initial nutrient supply of the soil was poor in P and medium in K. Changes in the soil's AL-soluble P and K contents, in the quantity of by-products, in the P-, K contents and P-, K uptake of main products and by-products, and in the characteristics of the P- and K balance were studied. In the first seven years of the experiment winter wheat - winter wheat - maize - maize - potatoes - winter barley - oats were grown.

The main results can be summarized as follows:

In the first year after the buildup fertilization, the total amount of superphosphate-P and about 50% of KCl-K could be found in AL-soluble form. This was followed by a strong decline in the AL-PK values up to the third experimental year. From the 3rd to 7th year the AL-PK values were almost stable.

By-product yields increased with main products yields, with the exception of the last two years /winter barley and oats/, when the higher straw yields in the higher fertilizer levels of both types of fertilization were not followed by reliably larger grain yields.

As an effect of P fertilization a 1.4-1.5-fold increase was found in the grain's P-content, while there was a 2-5-fold rise in the P content of straw. At the same time, the K content of the main products increased only to a 1.05-fold and that of the by-products to a 2-3-fold value, as a joint effect of buildup and maintenance K fertilization.

After an equilibrium state had been reached in the soil, 80-90 kg/ha fertilizer P_2O_5 and 200-220 kg/ha fertilizer- K_2O were needed to reach a 10 mg/kg increase in soil AL- P_2O_5 - and AL- K_2O contents, resp.

An increase of the AL- P_2O_5 content over 150 mg/kg and that of the AL- K_2O content over 200 mg/kg did not result in further yield surpluses on this calcareous chernozem soil. On the contrary, the grain yield of maize decreased by 1.5-2.0 t/ha /6-8000 Ft/ha/ as a result of over-fertilization with P.

Table 1. Effect of buildup and maintenance PK fertilization on the AL-soluble P and K contents of the calcareous chernozem soil. /Nagyhörcsök, 1974-1980/. /1/ Year. /2/ Buildup fertilization with P_2O_5 and K_2O , kg/ha in autumn, 1973. a/ $LSD_{5\%}$; b/ Mean. /3/ Maintenance fertilization with P_2O_5 , kg/ha/year, from autumn, 1974. /4/ $LSD_{5\%}$. /5/ Mean. /6/ Maintenance fertilization with K_2O , kg/ha/year, from autumn 1974.

Table 2. Effect of buildup and maintenance PK fertilization on by-product quantities /Nagyhörcsök, 1975-1980/. /N = 200 kg/ha/year, on the average of P and K treatments of buildup fertilization. /1/ Buildup fertilization with P_2O_5 and K_2O , kg/ha in autumn, 1973. a/ $LSD_{5\%}$; b/ Mean. /2/ Maintenance fertilization with P_2O_5 , kg/ha/year, from autumn 1974. /4/ $LSD_{5\%}$. /5/ Mean. /6/ Maintenance fertilization with K_2O , kg/ha/year, from autumn

1974.. A. 1974/1975, Winter wheat straw /Kavkáz/, t/ha. B. 1975/1976. Maize stem /Mv. 380/, t/ha. C. 1976/1977, Maize stem /Mv. 380/, t/ha. D. 1977/1978, Potatoe stem /Desiree/, t/ha. E. 1978/1979, Winter barley straw /Mv. 35/, t/ha. F. 1979/1980, Oat straw /Leanda/, t/ha.

Table 3. Effect of buildup and maintenance P fertilization on the P content of main- and by-products /Nagyhőrcsök, 1975-1980/. /1/ Year, crop; buildup P_2O_5 fertilization, kg/ha, in autumn 1973. a/ Winter wheat; b/ LSD_{5%}; c/ Mean; d/ Maize; e/ Winter barley; f/ Oats. /2/ P % in main products. /3/ Maintenance fertilization with P_2O_5 , kg/ha/year. /4/ LSD_{5%}. /5/ Mean. /6/ P % of by-products. A. Grains. B. Straw. C. Stems.

Table 4. Effect of buildup and maintenance K fertilization on the K content of main- and by-products /Nagyhőrcsök, 1975-1980/. /1/, /3/-/5/ and A-C: See Table 3. /2/ K % of main products. /6/ K % of by-products.

Table 5. P and K balance in the experiment with buildup and maintenance fertilization /Nagyhőrcsök, 1973-1980/. /1/ Buildup P_2O_5 and K_2O fertilization, kg/ha in autumn, 1973. /2/ Maintenance P_2O_5 fertilization, kg/ha/year from autumn 1974. /3/ Mean. /4/ Maintenance K_2O fertilization, kg/ha/year from autumn 1974. A. Total amount of fertilizer- P_2O_5 , kg/ha. B. Total amount of fertilizer- K_2O , kg/ha. C. Total amount of P_2O_5 uptake by crops, kg/ha. D. Total amount of K_2O uptake by crops, kg/ha. E. P_2O_5 balance in autumn 1980, kg/ha. F. K_2O balance in autumn 1980, kg/ha. G. Difference compared to the unfertilized /control/ plots, kg P_2O_5 /ha. H. Difference compared to the unfertilized /control/ plots, kg K_2O /ha. I. P-utilization by the difference method, %*. J. K-utilization by the difference method, %*. K. Mean yield of main products, GE t/ha, 1973-1980. H and I were calculated as follows: /P and K uptake by plants on fertilized plots, kg/ha/ - /P and K uptake by plants on unfertilized plots, kg/ha/ x 100 : /P and K added with fertilizers, kg/ha/.

Table 6. Parameters of the linear equations $y = a + bx$ describing the relationship between the nutrient balances and the AL-soluble nutrient contents of the soil. /Nagyhőrcsök, 1974-1980/. /1/ Maintenance P_2O_5 and K_2O fertilization, kg/ha/year. a/ Mean, 50-100; b/ Mean, 100-200. /2/ Year. A. Relationship between the P balance and AL-P content. $y = AL-P_2O_5$, mg/kg; $x = \text{fertilizer-}P_2O_5$ in the soil according to the balance, kg/ha. B. Relationship between the K balance and AL-K content. $y = AL-K_2O$, mg/kg; $x = \text{fertilizer-}K_2O$ in the soil according to the balance, kg/ha. * Increase of the soil's AL- P_2O_5 and AL- K_2O content /mg/kg as a result of 100 kg/ha fertilizer P_2O_5 and K_2O remaining in the soil; ** Amount of P_2O_5 and K_2O fertilizers remaining in the soil and needed to increase AL- P_2O_5 and AL- K_2O values by 10 mg/kg /specific fertilizer demand of buildup fertilization/.